

# **Verfahren zur Herstellung von Bauelementen und Ultrahochvakuum-CVD-Reaktor**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Herstellung von Halbleiterbauelementen oder

5 Zwischenprodukten hierfür oder, allgemeiner, von Bauelementen, an deren Herstellung die gleich hohen Anforderungen gestellt werden, insbesondere was Prozessreinheit anbelangt, wie bei der Halbleiterbauelement-Herstellung.

10 Unter einem "Bauelement" wird hier und im weiteren ein gebrauchsfertiges, für sich kommerziell handelbares Gebilde verstanden. Z.B. können solche Bauelemente Halbleiter-Chips sein.

Bei der Herstellung werden "Bauteile" behandelt, die  
15 letztendlich zu den erwähnten "Bauelementen" führen. Ein "Bauteil", z.B. ein Wafer, führt, nach seiner Behandlung, schliesslich zur Bereitstellung eines oder mehrerer Bauelemente: z.B. wird aus einem behandelten Wafer als Bauteil ein oder mehrere Chips als Bauelement(e)  
20 bereitgestellt.

Die angesprochenen Bauelemente sind insbesondere auch optoelektrische, optische oder mikromechanische Bauelemente bzw. deren Zwischenprodukte.

Für die Abscheidung dünner Schichten im Rahmen der  
25 erwähnten Herstellungsverfahren konkurrenzieren sich PVD-Verfahren (Physical Vapor Deposition) und CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition).

F200152

09975885-101201

Die vorliegende Erfindung geht dabei von Problemen aus, die sich bei der Schichtabscheidung obgenannter Art mittels CVD-Verfahren ergeben haben.

5 Die bekannten CVD-Schichtabscheidungsverfahren lassen sich nach dem Restgaspartialdruck (UHV) und dem Prozessdruck (APCVD, LPCVD) unterscheiden, welcher erstellt wird, bevor bzw. während ein zu reagierendes Gas - das Prozessgas - dem Prozess zugeführt wird. Es lassen sich dabei unterscheiden:

- 10
- APCVD (Atmospheric Pressure CVD), bei welchem der Prozessgasdruck  $P_p$  im wesentlichen Atmosphärendruck entspricht.
  - LPCVD (Low Pressure CVD), bei welchem der Prozessgasdruck  $P_p$  im Bereich 0.1 mbar bis 100 mbar eingestellt wird.
  - 15 • UHV-CVD (Ultra-high Vacuum CVD), bei welchem der Restgaspartialdruck höchstens  $10^{-8}$  mbar beträgt und der Prozessgasdruck typisch im Bereich  $10^{-1}$  bis  $10^{-5}$  mbar liegt.

20 Für die Herstellung von Bauelementen/Zwischenprodukten mit auch bei der Halbleiterfertigung genügender Qualität konkurrenzieren sich in bestimmten Bereichen, besonders bei der SiGe-Technologie, UHV-CVD- und LPCVD-Verfahren.

Beispielsweise aus der US 5 181 964 ist ein UHV-CVD-Verfahren bekannt, bei welchem scheibenförmige Bauteile als  
25 Batch, je vertikal positioniert und horizontal innerhalb des Batch aufeinander ausgerichtet, in einen UHV-CVD-

F200152

Reaktor eingeführt werden und dort beschichtet werden - ein horizontaler "Stapel". Bezüglich UHV-CVD-Reaktoren kann weiter auf die US 5 607 511 verwiesen werden, bezüglich bekannter UHV-CVD-Prozesse auf die US 5 298 452 sowie die  
5 US 5 906 680. Im weiteren wird auf B.S. Meyerson, IBM J. Res. Develop., Vol. 34, No. 6, November 1990, verwiesen.

Im weiteren kann, bezüglich Batch-Behandlung von Bauteilen auf folgende Dokumente der Anmelderin verwiesen werden:

- US-A-6 177 129
- 10 • US-A-5 515 986
- US-A-5 693 238.

Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass wenn im Zuge vorliegender Anmeldung von CVD-Prozessen gesprochen wird, Prozesse angesprochen sind, die nicht plasmaunterstützt  
15 sind, es sei denn, es werde auf die Plasmaunterstützung hingewiesen.

Während im Rahmen von UHV-CVD-Verfahren, beispielsweise mittels in der US 5 181 964 beschriebener Reaktoren, Batch-Verfahren bekannt sind, d.h. Verfahren, bei denen mehrere  
20 Bauteile gleichzeitig dem CVD-Prozess unterzogen werden, wird bei LPCVD-Verfahren üblicherweise jeweils nur ein einzelnes Bauteil gleichzeitig dem CVD-Verfahren unterworfen. Da beide Verfahren aufgrund der notwendigen tiefen Prozesstemperaturen (schonende Bauteilbehandlung)  
25 nur relativ kleine Beschichtungsraten gestatten, ist ein System, das jeweils nur einzelne Bauteile gleichzeitig CVD-behandelt, bezüglich Durchsatz verglichen mit einem UHV-CVD-Verfahren nachteilig, das eine Batch-CVD-Behandlung

F200152

09975885-101201

möglich macht. Andererseits ermöglicht aber die Einzelbauteilhandhabung beim LPCVD-Verfahren ein automatisches Handling in Vakuum zum und vom CVD-Behandlungsprozess bzw. LPCVD-Reaktor, von bzw. zu vor-  
5 bzw. nachgeordneten weiteren Behandlungsprozessen bzw. -stationen.

Bei den UHV-CVD-Prozessen wird der sich in Herstellung befindliche Bauteil-Batch in Reinraumumgebungsatmosphäre zum UHV-CVD-Reaktor transportiert bzw. von diesem  
10 wegtransportiert, von einem bzw. zu einem vor- bzw. nachgeordneten Behandlungsprozess.

Bezüglich industrieller Fertigung, worin der Durchsatz, selbstverständlich bei eingehaltener Qualitätsanforderung, eine ausschlaggebende Grösse ist, sind mithin beide  
15 erwähnten, sich konkurrenzierenden Verfahren nicht optimal.

Die vorliegende Erfindung setzt sich nun zur Aufgabe, Verfahren zur Herstellung von Bauelementen oder von deren Zwischenprodukten vorzuschlagen, welche den erwähnten  
Nachteil in massgeblichem Umfang beheben unter  
20 Sicherstellung der erwähnten, für die Herstellung von Halbleiterbauelementen zu stellenden Qualitätsanforderungen, insbesondere, was Prozessreinheit anbelangt.

Erfindungsgemäss wird dies unter einem ersten Aspekt durch  
25 ein Verfahren zur Herstellung von Bauelementen oder von deren Zwischenprodukten erreicht, bei dem das in Herstellung begriffene Bauelement als Bauteil

F200152

09975885 "101201

(a) einem Behandlungsprozess unterworfen wird und als nächstes

(b) mehrere Bauteile gleichzeitig einem CVD-Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden, und

- 5 bei dem der erwähnte Behandlungsprozess ebenfalls ein Vakuumprozess ist und von diesem die Bauteile in Vakuum dem CVD-Prozess zugeführt werden.

Bei der Lösung der gestellten Aufgabe geht mithin die vorliegende Erfindung von dem einen der erwähnten sich konkurrenzierenden Verfahren aus, nämlich vom UHV-CVD-Verfahren, bei dem Bauteile als Batch dem CVD-Prozess unter UHV-Bedingungen unterzogen werden. Es wird nun aber ein dem CVD-Prozess vorgeschalteter Behandlungsprozess für die Bauteile ebenfalls als Vakuumprozess realisiert, und es werden von diesem die Bauteile, weiterhin in Vakuum, dem CVD-Prozess zugeführt.

Damit werden die Vorteile der UHV-CVD-Prozesse beibehalten - mit Batch-Behandlung - und es werden die lediglich von LPCVD bekannten, dort aufgrund der Einzelbauteilbehandlung auch leicht realisierbaren Vorteile übernommen, nämlich sowohl einen dem angesprochenen Beschichtungsprozess vorgelagerten Behandlungsprozess als Vakuumprozess auszubilden und zudem den Transport vom genannten vorgelagerten Behandlungsprozess zum

- 20 Schichtabscheidungsprozess ebenfalls in Vakuum durchzuführen. Es entfällt nun insbesondere die bei bekannten UHV-CVD-Verfahren vorgelagerte kritische Phase des Bauteil-Transportes in Reinraumumgebungsatmosphäre,
- 25

F200152

deren Reinheitsgrad auch bei Beachtung schärfster  
Vorschriften kaum in erwünschtem Masse beherrschbar ist.

Die eingangs genannte Aufgabe wird aber auch, unter einem  
zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung, durch ein

- 5 Verfahren zur Herstellung von Bauteilen oder deren  
Zwischenprodukten gelöst, bei welchem mehrere der Bauteile  
gleichzeitig einem gemeinsamen CVD-Prozess unter  
Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden, wobei nun  
10 die Bauteile scheibenförmig sind, indem diese in  
horizontaler Ausrichtung dem CVD-Prozess unter  
Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden.

Auch unter diesem zweiten Aspekt wird also davon  
ausgegangen, dass von den beiden sich konkurrenzierenden  
Verfahren oben erwähnter Art sich das UHV-CVD-Verfahren

- 15 anbietet, um die genannte Aufgabe zu lösen. Weiter wird  
erkannt, dass grundsätzlich bei den bekannten UHV-CVD-  
Verfahren mit Bauteil-Batch-Behandlung die übliche,  
vertikale Ausrichtung der scheibenförmigen Bauteile im  
Batch (siehe US 5 181 964) betreffs vor- und/oder  
20 nachgelagerter Handhabung der Bauteile nachteilig ist und  
im Sinne der gestellten Aufgabe einer automatisierten  
Bauelementenherstellung höchst hinderlich ist.

Damit wird die eingangs erwähnte Aufgabe bereits auch schon  
dadurch gelöst, dass bei der UHV-CVD-Batch-Behandlung von

- 25 Bauteilen, sofern diese scheibenförmig sind, diese  
horizontal ausgerichtet dem erwähnten CVD-Prozess unter  
Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden.

F200152

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird dieses mit dem Vorgehen nach dem zweiten Aspekt kombiniert. Mithin wird ein Verfahren

- 5 bevorzugterweise vorgeschlagen, bei welchem einerseits der vorgelagerte Behandlungsprozess ein Vakuumprozess ist und von diesem die Bauteile in Vakuum dem CVD-Prozess unter UHV-Bedingungen zugeführt werden, bei welchem aber  
10 zusätzlich die nun scheibenförmig ausgebildeten Bauteile horizontal ausgerichtet sowohl dem erwähnten Behandlungsprozess, wie auch dem CVD-Prozess unterzogen werden und auch in dieser horizontalen Ausrichtung vom Behandlungsprozess in den CVD-Prozess transportiert werden.

- Bei der Herstellung von Bauelementen der erläuterten Art  
15 ist es üblich, ja notwendig, dem CVD-Schichtabscheideprozess einen Reinigungsprozess der Bauteile unmittelbar vorzulagern. Bei den bekannten UHV-CVD-Verfahren wird die nachmals CVD zu beschichtende Oberfläche von Kontaminationen und natürlich gewachsenen Oxiden dadurch  
20 gereinigt, dass ein ggf. mehrere Behandlungsschritte umfassendes Reinigungsverfahren eingesetzt wird, welches üblicherweise mit einer Behandlung der Bauteile in verdünnter Flusssäure abgeschlossen wird, dem sogenannten HF-Dipping. Nach diesem abschliessenden Schritt des  
25 Reinigungsverfahrens werden die Bauteile innert möglichst kurzer Zeit in den CVD-Prozessraum eingeschleust, damit es während des Transportes durch die Reinraumatmosphäre zu keiner erneuten Verunreinigung der zu beschichtenden Bauteil-Oberfläche kommt. In einer bevorzugten

F200152

Ausführungsform der erfindungsgemässen Verfahren verbleiben nun die Bauteile zwischen einem dem CVD-Prozess vorgelagerten Reinigungsprozess und dem CVD-Prozess in Vakuum.

- 5 Weil nun aber gemäss vorliegender Erfindung unter dem letzterwähnten Aspekt der Transport der Bauteile schlussendlich hin zum CVD-Prozess in Vakuum erfolgt, ist es nicht mehr zwingend, dass der unmittelbar vor dem CVD-Prozess erfolgende Behandlungsprozess selber der
- 10 Reinigungsprozess ist, sofern Vakuum nicht verlassen wird, kann dem Reinigungsprozess und dem UHV-CVD-Prozess durchaus z.B. ein Zwischenspeicherungs-Prozess oder ein Temperierungsprozess zwischengeschaltet werden.

- 15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Verfahren unter beiden Aspekten wird vorgeschlagen, dass die Bauteile, sofern scheibenförmig, einerseits horizontal positioniert, andererseits vertikal übereinander gestapelt gleichzeitig dem CVD-Prozess unterzogen werden. Damit ergibt sich ein Batch
- 20 scheibenförmiger, horizontal positionierter, übereinander gestapelter Bauteile.

- Obwohl es durchaus möglich ist, die Bauteile bereits als Batch einem dem CVD-Prozess vorgelagerten
- 25 Behandlungsprozess zu unterwerfen, aber insbesondere sie bereits als Batch zum CVD-Prozess zu transportieren, wird überaus bevorzugt vorgeschlagen, die Bauteile durch Einzeltransport für den CVD-Prozess zu stapeln und vorzugsweise auch durch Einzeltransport zu entstapeln.

F200152

F200152



Damit wird der Vorteil erwirkt, dass bei der entsprechenden Transporthandhabung der Bauteile weiterhin Einzeltransport eingesetzt werden und trotzdem die Batchbehandlung bei der Schichtabscheidung voll ausgenützt werden kann.

- 5 Dies ist insbesondere deshalb höchst vorteilhaft, weil  
Wafers für die Halbleiterbauelement-Fertigung bereits heute  
Ausdehnungen von 200 mm x 200 mm bzw. einen Durchmesser von  
200 mm haben, womit ein Batch-Transport höchst aufwendig  
ist.
- 10 Mit den erfindungsgemässen Verfahren in den bis anhin und  
noch zu erläuternden Ausführungsformen, ebenso wie mit dem  
vorgeschlagenen erfindungsgemässen CVD-Reaktor bzw. der  
erfindungsgemäss vorgeschlagenen Vakuumbehandlungsanlage  
mit einem solchen, wird es aber gar möglich,
- 15 scheibenförmige Bauteile, wie insbesondere Wafers, mit  
einer Ausdehnung von mehr als 200 mm x 200 mm automatisiert  
zu verarbeiten bzw. mit entsprechenden Durchmessern, ja gar  
Bauteile mit einer Grösse von mindestens 300 mm x 300 mm  
bzw. mit einem Durchmesser von mindestens 300 mm. Je
- 20 grösser die betroffenen Bauteile sind, desto vorteilhafter  
wird aber die Realisation des Bauteil-Transportes im  
Einzelbetrieb gegenüber einem Batch-Transport. Es sind mit  
diesem bevorzugterweise vorgeschlagenen Vorgehen Erhöhungen  
der Wafergrösse praktisch keine Grenzen gesetzt.
- 25 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der  
erfindungsgemässen Verfahren werden die Bauteile zwei oder  
mehr Behandlungsoperationen unterworfen, worunter der CVD-  
Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen eine ist, und es

F200152

werden die Bauteile in Vakuum sukzessive von einer Operation zur andern transportiert, entlang mindestens stückweise linearer und/oder kreisabschnittförmiger Transportbahnen.

- 5 Damit wird nun der CVD-Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen als eine Prozessstation in ein Mehrprozess-Herstellungsverfahren integriert, in einen eigentlichen Cluster-Prozess. Die Bauteile werden dabei üblicherweise in einer zentralen Transportkammer unter Vakuum frei
- 10 programmierbar oder in vorgegebenen Abfolgen von einer Prozessstation zu anderen transportiert und dort behandelt. Die daran durchgeführten Operationen können beispielsweise sein, nebst dem erwähnten UHV-CVD-Prozess, Ein- und Ausschleussoperationen, Reinigungsoperationen, weitere
- 15 Beschichtungsoperationen, Ätzoperationen, Implantationsoperationen, Konditionierungsoperationen, beispielsweise zum Erzielen vorgegebener Temperaturen, Zwischenspeicherungs-Operation.

- 20 In einer weiteren, höchst bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Verfahren wird bzw. werden mindestens einem der erfindungsgemäss eingesetzten UHV-CVD-Prozesse plasmaunterstützte, reaktive Behandlungsprozesse der Bauteile vor- und/oder nachgeschaltet. Dabei werden in höchst vorteilhafter Ausführungsform diese
- 25 plasmaunterstützten reaktiven Behandlungsprozesse mittels jeweils einer niederenergetischen Plasmaentladung betrieben, mit Ionenenergie E an der Oberfläche des oder der jeweils behandelten Bauteile von

F200152

0 eV < E ≤ 15 eV.

Dabei können diese bevorzugt in Kombination mit den  
erfindungsgemäss eingesetzten CVD-Prozessen eingesetzten  
Niederenergieplasma-unterstützten, reaktiven Prozesse  
5 sowohl plasmaunterstützte CVD-Prozesse, aber insbesondere  
plasmaunterstützte reaktive Reinigungsprozesse sein. Diese  
bevorzugte Kombination hat den namhaften Vorteil, dass die  
dem UHV-Prozess vorgelagerten Niederenergieplasma-Prozesse,  
mit Bezug auf ihre Oberflächenwirkung, optimal auf die  
10 Oberflächenbedingungen für den UHV-CVD-Prozess abgestimmt  
sind.

Wird, wie besonders bevorzugt, dem UHV-CVD-Prozess ein oder  
mehrere Niederenergieplasmen-unterstützte  
Reinigungsprozesse, insbesondere in einer Wasserstoff-  
15 und/oder Stickstoffprozessatmosphäre, unmittelbar oder mit  
zwischengeschalteten weiteren Prozessen, wie z.B.  
Konditionierungsprozessen, vorgeschaltet, so wird deren  
bekannte, passivierende Wirkung für die höchst gesicherte  
Reinhaltung der betroffenen Oberflächen bis zum UHV-CVD-  
20 Prozess ausgenützt.

Bezüglich dieser angesprochenen Reinigungsprozesse sei auf  
die Anmeldungen der Anmelderin verwiesen:

- WO 97/39472

- WO 00/48779

25 sowie die US-Anmeldung:

F200152

• 09/792 055.

- So wie diese Reinigungsverfahren gar erlauben, gereinigte Oberflächen an Luft zu lagern, bevor sie gebondet werden, erlauben sie vorliegendenfalls eine optimale UHV-CVD-
- 5 Beschichtung, obwohl die Oberflächen vor den UHV-Bedingungen lediglich "Low-Pressure"-Vakuumbedingungen ausgesetzt sind.

- In besonders bevorzugter Ausführungsform wird unmittelbar dem CVD-Prozess vorgelagert ein solcher
- 10 Niederenergieplasma-unterstützter reaktiver Reinigungsprozess vorgeschaltet.

- In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens wird während des Beladens und/oder des Entladens des Reaktionsraumes mit dort CVD-
- 15 Prozess zu behandelnden Bauteilen, im Reaktionsraum ein Gasfluss unterhalten, bevorzugterweise eines Gases mit Wasserstoff. Dadurch wird sichergestellt, dass beim zum Beladen und/oder Entladen des Reaktorraumes notwendigen Öffnen dieses Raumes dieser nicht kontaminiert wird.

- 20 Für das CVD-Aufwachsen von Schichten im Rahmen der Herstellung von Halbleiter-Bauelementen bzw., wie eingangs erwähnt, von Bauelementen mit gleichen Qualitätsanforderungen wie Halbleiter-Bauelemente, kommt einer homogenen Beschichtungstemperaturverteilung während
- 25 des Beschichtungsprozesses eine wesentliche Bedeutung zu. Bei bekannten CVD-Verfahren unter Ultrahochvakuum-Bedingungen wird dies dadurch erreicht, dass ausserhalb des UHV-Reaktors, also an Reinraum-Normalatmosphäre,

F200152

segmentierte Heizelemente verteilt entlang der  
Reaktoraussenwand vorgesehen werden. Durch die Anzahl der  
Heizelemente und deren individuelle Heizleistungsabstimmung  
kann die Temperaturuniformität im Reaktionsraum optimiert  
5 werden.

Deshalb wird auch in bevorzugter Ausführungsform der  
erfindungsgemässen Verfahren die mittlere Temperatur und  
die Temperaturverteilung in einem Reaktionsraum, worin der  
CVD-Prozess ausgeführt wird, gemessen und gesteuert,  
10 vorzugsweise gemessen und geregelt.

Dabei ist es aber primär von Bedeutung, diese Grössen,  
nämlich mittlere Temperatur und Temperaturverteilung an den  
im CVD-Prozess behandelten Bauteilen selbst, zu  
beherrschen. Deshalb wird in einer weiteren bevorzugten  
15 Ausführungsform vorgeschlagen, dass die mittlere Temperatur  
und vorzugsweise auch die Temperaturverteilung an den  
Bauteilen selber während des CVD-Prozesses gemessen und  
gesteuert, vorzugsweise gemessen und geregelt wird.

Wie erwähnt wurde, werden Reaktorräume vorbekannter UHV-  
20 CVD-Reaktoren mittels Heizelementen beheizt, welche entlang  
der Aussenwandung angeordnet sind. In einer weitaus  
bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen  
Verfahren wird die Temperatur in einem Reaktionsraum, worin  
der CVD-Prozess durchgeführt wird, mittels innerhalb eines  
25 den Reaktionsraum umschliessenden Vakuumrezipienten, in  
Vakuum angeordneter Heizelemente gestellt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der  
erfindungsgemässen Verfahren wird ein Reaktionsraum für den

F200152

CVD-Prozess erst auf Ultrahochvakuum von mindestens  $10^{-8}$  mbar evakuiert, dann wird durch Einlassen eines Prozessgases oder eines Prozessgasgemisches in den Reaktionsraum darin der Totaldruck bis zum Prozessdruck erhöht, wobei der Reaktionsraum von einem Vakuum umschlossen ist mit einem Totaldruck im Bereiche des Prozessdruckes, vorzugsweise tiefer.

Dadurch wird erreicht, dass der Reaktionsraum gegenüber dem umschliessenden Vakuum nicht vakuumdicht zu sein braucht, und, wenn schon vorhanden, eine verbleibende Gasdiffusion, die Verhältnisse im Reaktionsraum kaum beeinflussend, aus letzterem in das umgebende Vakuum erfolgt.

Bevorzugterweise werden dabei Reaktionsraum und das diesen umgebende Vakuum je unterschiedlich gepumpt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Verfahren sind der Reaktionsraum und das diesen umgebende Vakuum in einem aussen an Umgebungsatmosphäre liegenden Rezipienten vorgesehen, und es kommuniziert der Reaktionsraum zum Entladen und/oder Beladen mit Bauteilen über das den Reaktionsraum umgebende Vakuum mit einer Belade-/Entladeöffnung des Rezipienten.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Verfahren werden, nachdem Bauteile in einen Reaktionsraum für den CVD-Prozess eingeführt sind und nach dessen Schliessen, die Bauteile ihrem thermischen Gleichgewicht zugeführt, unter Einlass eines Gases in den Reaktionsraum, vorzugsweise mit Wasserstoff und/oder mit einem Prozessgas oder Prozessgasgemisch.

F200152

Durch Einlassen eines Gases und entsprechend seiner thermischen Leitfähigkeit kann das Erreichen des thermischen Gleichgewichtszustandes der Bauteile beschleunigt werden.

- 5 Im Rahmen der eingangs gestellten, der vorliegenden Erfindung unter all ihren Aspekten zugrundegelegten Aufgabe ist es auch wesentlich, dass einmal in den Reaktionsraum des CVD-Prozesses eingeführte Bauteile möglichst rasch und ungestört ihr thermisches Gleichgewicht einnehmen. Das Erfüllen auch dieser Forderung trägt für sich nicht unmassgeblich zur Erhöhung des Durchsatzes eines solchen Prozesses bei. Deshalb wird unter einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Bauelementen oder von deren Zwischenprodukten obgenannter Art vorgeschlagen, bei dem mehrere der Bauteile gleichzeitig einem gemeinsamen CVD-Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden, und bei dem die Bauteile mittels Heizelementen beheizt werden, bei dem nun die erwähnten Heizelemente durch Vakuum mit den Bauteilen in thermischer Wirkverbindung stehen.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden dabei die Bauteile, während des CVD-Prozesses, an einem Träger gehalten, und es sind Heizelemente, vorzugsweise je den einzelnen Bauteilen zugeordnet, am Träger vorgesehen.

- 25 Damit erfolgt der thermische Eingriff zwischen den Heizelementen und den Bauteilen optimal direkt, und diese Heizelemente können als Stellglieder für die mittlere Temperatur bzw. die Temperaturverteilung an den Bauteilen

F200152

im Rahmen einer Temperatur-Mittelwert- und, bevorzugterweise, auch Temperaturverteilungs-Regelung, je für die Bauteile, eingesetzt werden. Insbesondere für das geregelte Stellen der mittleren Temperatur an den

5 jeweiligen Bauteilen und/oder der Temperaturverteilung entlang dieser Bauteile ist es höchst vorteilhaft, die jeweiligen Ist-Werte, Ist-Temperatur bzw. Ist-Temperaturverteilung, möglichst unmittelbar an den jeweiligen Bauteilen abzugreifen. Dies insbesondere dann, wenn auch  
10 die Temperatursteller, d.h. Heizelemente, mit den jeweiligen Bauteilen thermisch eng gekoppelt sind, jeweils mehrere Heizelemente, soll auch die Temperaturverteilung geregelt werden. Deshalb wird in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens unter dem  
15 dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung vorgeschlagen, dass die Bauteile während des CVD-Prozesses an einem Träger gehalten werden und, vorzugsweise den Bauteilen je zugeordnet, am Träger Thermofühler vorgesehen werden.

In höchst bevorzugter Ausführungsform der  
20 erfindungsgemässen Verfahren werden die erfindungsgemässen Lösungen unter dem ersten, zweiten und dritten Aspekt kombiniert eingesetzt.

Zur Lösung der oben erwähnten Aufgabe wird im weiteren unter dem ersten Aspekt eine Vakuumbehandlungsanlage mit  
25 einem Ultrahochvakuum-CVD-Reaktor vorgeschlagen, worin ein Träger für mehrere gleichzeitig im Reaktor zu behandelnde Bauteile vorhanden ist, wobei der Reaktor mindestens eine Belade-/Entladeöffnung hat, und bei dem die erwähnte

F200152



Öffnung mit einer Vakuumtransportkammer für die Bauteile kommuniziert.

Unter dem oben erwähnten zweiten Aspekt wird weiter ein Ultrahochvakuum-CVD-Reaktor vorgeschlagen mit einem Träger  
5 für mehrere gleichzeitig im Reaktor zu behandelnde scheibenförmige Bauteile, bei welchem der Träger für die Aufnahme scheibenförmiger Bauteile in horizontaler Position und vertikal gestapelt ausgebildet ist.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen  
10 Vakuumbehandlungsanlage sowie des erfindungsgemässen Ultrahochvakuum-CVD-Reaktors ergeben sich für den Fachmann aus der nun folgenden Beschreibung von Beispielen und sind insbesondere auch in den Ansprüchen 23 bis 45 spezifiziert.

Bezüglich der erfindungsgemässen Herstellungsverfahren  
15 beziehen sich ganz besonders bevorzugte Ausführungsformen auf den Einsatz des CVD-Prozesses für die Ablage von Einzelatomschichten oder Schichtsystemen, sogenannte Atomic Layer Deposition, und/oder für die Beschichtung von Oberflächen mit tiefen Profilierungen, z. B. graben- oder  
20 lochförmige Strukturen mit einem Breiten-Tiefen-Verhältnis von 1:5 oder geringer (1:10, 1:20,...), sogenannten Deep Trenches und/oder für die Ablage von epitaktischen oder heteroepitaktischen Schichten.

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von  
25 Figuren erläutert. Diese zeigen:

F200152

09975885.101201

- Fig. 1 schematisch und vereinfacht, das Prinzip einer nach einem erfindungsgemässen Verfahren arbeitenden, erfindungsgemässen Vakuumbehandlungsanlage unter dem ersten Aspekt der Erfindung;
- Fig. 2 in einer Darstellung analog zu derjenigen von Fig. 1, ein nach einem erfindungsgemässen Verfahren arbeitender, erfindungsgemässer UHV-CVD-Reaktor unter dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 3 in einer Darstellung analog zu denjenigen der Figuren 1 bzw. 2, eine bevorzugte Ausführungsform einer nach einem erfindungsgemässen Verfahren arbeitenden Vakuumbehandlungsanlage mit einem erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktor gemäss Fig. 2;
- Fig. 4 in Längsschnittdarstellung, eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktors, für den Einsatz zur Durchführung eines erfindungsgemässen Verfahrens;
- Fig. 5 schematisch, vereinfacht, einen Teillausschnitt aus einem erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktor, wie in Fig. 4 dargestellt, mit Anordnung von Heizelementen und einem Regelkreis für Temperaturgrössen innerhalb des Reaktorreaktionsraumes;
- Fig. 6 schematisch, vereinfacht, einen Ausschnitt eines an einem erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktor

F200152

eingesetzten Bauelementen-Trägers mit  
Temperaturabgriff und Temperaturstellung  
unmittelbar bei den Bauteilen selbst, und

- 5 Fig. 7 schematisch, in Aufsicht, eine erfindungsgemässe  
Vakuumbehandlungsanlage, arbeitend nach einem  
erfindungsgemässen Verfahren, als Cluster-Anlage  
ausgebildet und vorzugsweise mit mindestens einem  
erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktor bestückt.

- 10 In Fig. 1 ist eine erfindungsgemässe  
Vakuumbehandlungsanlage, insbesondere zur Durchführung des  
Herstellungsverfahrens gemäss vorliegender Erfindung und  
nach ihrem ersten Aspekt, schematisch dargestellt. Ein UHV-  
CVD-Reaktor 1 hat einen Träger 3 für einen Batch von  
mehreren zu behandelnden Bauteilen. Mittels einer  
15 Vakuumpumpenanordnung 5 wird der Reaktionsraum R im Reaktor  
1 auf Ultrahochvakuum-Bedingungen, vorzugsweise auf einen  
Druck von höchstens  $10^{-8}$  mbar, abgepumpt. Wie für einen  
CVD-Prozess notwendig, wird in den Reaktor 1, von einer  
Gastankanordnung 7, ein Prozessgas oder Prozessgasgemisch G  
20 eingelassen, und es werden, zur Aktivierung des  
Prozessgases bzw. Prozessgasgemisches G insbesondere die am  
Träger 3 abgelegten Bauteile 4 mittels einer schematisch  
dargestellten Heizanordnung 9 auf die notwendigen  
Reaktionstemperaturen aufgeheizt.
- 25 Der UHV-CVD-Reaktor 1 hat eine üblicherweise mittels eines  
Ventils schliessbare bzw. offenbare Belade-/Entladeöffnung  
11. Erfindungsgemäss unter dem ersten Aspekt der  
vorliegenden Erfindung verbindet die Öffnung 11 den

F200152

Reaktionsraum R des UHV-CVD-Reaktors 1 mit einer  
Vakuumtransportkammer 13, welche, wie mit der  
Vakuumpumpenanordnung 15 schematisiert, im Betrieb auf  
Vakuum gehalten wird. Darin transportiert eine mit dem  
5 Doppelpfeil T schematisierte Transportanordnung Bauteile  
insbesondere zum bzw. vom Reaktor 1. Im weiteren ist  
mindestens eine weitere Behandlungskammer 17 an der  
Transportkammer 13 angekoppelt, bei welcher es sich handeln  
kann: Um eine Schleusenkammer, eine weitere Vakuum-  
10 Transportkammer, eine Beschichtungskammer, eine  
Reinigungskammer, eine Ätzkammer, eine Heizkammer, eine  
Zwischenspeicherkammer, eine Implantationskammer.

Wesentlich unter dem ersten Aspekt der vorliegenden  
Erfindung ist, dass der Batch-Träger 3 des UHV-CVD-Reaktors  
15 1 über eine Vakuumtransportkammer 13 beladen und/oder  
entladen wird, und dass unter dem Aspekt 1 des  
erfindungsgemässen Herstellungsverfahrens Bauteile  
unmittelbar, bevor sie dem CVD-Prozess unter  
Ultrahochvakuum-Bedingungen im Reaktor 1 zugeführt werden,  
20 bereits in Vakuum sind.

In weitaus bevorzugter Weise handelt es sich bei einer  
weiteren Kammer 17, die dem Reaktor 1 bezüglich Transport T  
direkt vorgeschaltet ist, um eine Vakuumkammer, wie mit  
Pumpanordnung 19 in Fig. 1 dargestellt, insbesondere um  
25 eine praktisch "in Situ" eingesetzte Reinigungskammer. Ohne  
Vakuum-Unterbrechung werden Bauteile von Kammer 17 in den  
Reaktor transportiert, T. Dort werden sie als Batch am  
Träger 3 alle gleichzeitig behandelt.

F200152

In Fig. 2 ist in einer Darstellung analog zu derjenigen von Fig. 1, also höchst vereinfacht und schematisiert, das erfindungsgemässe Herstellungsverfahren und ein entsprechender UHV-CVD-Reaktor unter dem zweiten Aspekt der Erfindung dargestellt.

In einem erfindungsgemässen Ultrahochvakuum-CVD-Reaktor 1b, wie mit der Vakuumpumpenanordnung 5 schematisiert, auf Ultrahochvakuum-Bedingungen entsprechend einem Restgaspartialdruck  $P_R$  von vorzugsweise höchstens  $10^{-8}$  mbar abgepumpt, werden Bauteile 21 als Batch gleichzeitig, an einem Batchträger 3a gehalten, CVD-behandelt. Die Bauteile 21 sind scheibenförmig. Es wird, wie bereits anhand von Fig. 1 erläutert wurde, Prozessgas oder Prozessgasgemisch G von einer Gastankanordnung 7 dem Reaktor 1b zugeführt und die Bauteile 21 mittels einer Heizanordnung 9 auf erwünschte Prozesstemperatur geheizt.

Erfindungsgemäss werden die scheibenförmigen Bauteile 21 als Batch, wie in Fig. 2 dargestellt, horizontal positioniert und vertikal untereinander gestapelt am Batch-Träger 3a während des UHV-CVD-Prozesses gehalten.

In Fig. 3 ist, wiederum in einer Darstellung analog zu denjenigen der Fig. 1 bzw. 2, eine bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Vakuumbehandlungsanlage bzw. eines erfindungsgemässen Herstellungsverfahrens dargestellt, die Aspekte 1 und 2 der Erfindung kombiniert verwirklichend. Der UHV-CVD-Reaktor 1b ist ausgebildet wie er anhand von Fig. 2 dargestellt und erläutert wurde. Er wird via eine Vakuumtransportkammer 13a

F200152

mit einzelnen, sequentiell anfallenden, scheibenförmigen Bauteilen 21 beschickt, welche am Batch-Träger 3a in erläuteter Art und Weise gestapelt werden. Dadurch wird ein schwerfälliges und komplexes Handling der ganzen Bauteil-Batches in der Transportkammer 13a vermieden.

In der einen oder den mehreren Behandlungskammern 17a - wie erwähnt gestrichelt dargestellt - werden die Bauteile 21, vorzugsweise ebenfalls horizontal positioniert, behandelt und darnach via Transportkammer 13a einzeln dem UHV-CVD-Reaktor zugeführt, wo sie am Träger 3a, horizontal ausgerichtet, vertikal übereinander gestapelt gleichzeitig behandelt werden. Dabei ist es aber durchaus möglich, in einzelnen oder allen Behandlungskammer 17a mehrere Bauteile als Batch zu stapeln, sie aber einzeln dem Reaktor 1b und/oder einer Kammer 17a zuzuführen.

In Fig. 4 ist in teilweise längsgeschnittener Darstellung eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktors dargestellt, wie er bevorzugterweise zur Ausführung der erfindungsgemässen Herstellungsverfahren bzw. als Teil einer erfindungsgemässen Vakuumbehandlungsanlage eingesetzt wird.

Der an sich erfindungsgemässe UHV-CVD-Reaktor umfasst einen Reaktor-Rezipienten 41, bevorzugterweise aus rostfreiem Stahl. Dieser wird intensiv gekühlt, wozu seine Wandung 41a mindestens abschnittsweise mit Kühlorganen thermisch eng gekoppelt ist. Bevorzugterweise und wie in Fig. 4 dargestellt, ist die Wandung 41a mindestens abschnittsweise doppelwandig ausgeführt, mit einem Kühlungszwischenraum 43.

F200152

Darin ist (nicht dargestellt) ein Kühlmedium-Leitungssystem integriert.

Obwohl die Wandung 41a gemäss Fig. 4 als einteilig ausgebildet dargestellt ist und zylinderförmig ist, kann sie mehrteilig und ggf. auch in einer von Zylinderform abweichenden Form realisiert sein. Der Reaktorinnenraum I ist oben und unten mit ebenfalls intensiv gekühlten Flanschen 45<sub>o</sub> und 45<sub>u</sub> vakuumdicht verschlossen. In Fig. 4 ist zur Kühlung der Flansche 45<sub>au</sub> ein Kühlmedium-Leitungssystem bei 47<sub>o</sub> bzw. 47<sub>u</sub> dargestellt.

Innerhalb des Reaktorinnenraumes I umschliesst ein Reaktionsrezipient 48 den eigentlichen Reaktionsraum R für das UHV-CVD-Verfahren. Mindestens die Innenfläche der Wandung 48a des Reaktionsrezipienten 48 ist aus einem Material gefertigt, welches mit Bezug auf die im Reaktionsraum R verwendeten Prozessgase während des UHV-CVD-Prozesses inert ist.

Der Reaktionsraum R innerhalb des Reaktionsrezipienten 48 wird über einen Pumpanschluss 49 auf Ultrahochvakuum-Bedingungen abgepumpt. Der verbleibende Reaktorinnenraum I wird seinerseits über einen Pumpanschluss 51 auf einen im wesentlichen dem Prozessdruck innerhalb des Reaktionsraumes R entsprechenden Druck abgepumpt. Während mit dem Pumpanschluss 49 der Reaktionsraum R mithin auf einen Restgaspartialdruck von vorzugsweise höchstens  $10^{-8}$  mbar bzw. - während des Prozesses - auf den Prozessdruck von  $10^{-1}$  mbar bis  $10^{-5}$  mbar abgepumpt, wird der verbleibende Innenraum I auf einen Restgasdruck abgepumpt, der im

F200152

wesentlichen auch dem Totaldruck im Reaktionsraum R während des UHV-CVD-Prozesses entspricht, d.h. nach Einlassen der Prozessgase, also auf einen Druck von  $10^{-1}$  mbar bis  $10^{-5}$  mbar, je nach Prozessdruck.

- 5 Gemäss Fig. 4 werden beide Pumpanschlüsse 51 und 49 von derselben Pumpenanordnung 53 bedient. Die jeweilige Pumpwirkung wird durch entsprechende Bemessung der Pumpquerschnitte der Pumpanschlüsse 49 bzw. 51 bemessen, was u.a. auch mit Hilfe eines Ventils 55, vorzugsweise
- 10 eines Butterfly-Ventils, realisiert wird. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, den Reaktionsraum R und den verbleibenden Raum des Reaktorinnenraumes I mittels separater Pumpenanordnungen abzupumpen.
- 15 Weil im Betrieb, d.h. während des UHV-CVD-Prozesses, im Reaktionsraum R im wesentlichen gleiche Totaldrucke vorherrschen wie im verbleibenden Teil des Reaktorinnenraumes I, braucht der Reaktionsraum R nicht absolut vakuumdicht gegenüber dem verbleibenden Teil des
- 20 Reaktorinnenraumes I abgeschlossen zu sein. Diese Trennung ist jedoch so dicht, dass, im Betrieb des Prozesses, kaum Gasdiffusion vom Reaktionsraum R in den verbleibenden Teil des Reaktorinnenraumes I erfolgt. Bevorzugterweise kann dabei der Totaldruck im verbleibenden Teil des
- 25 Reaktorinnenraumes I etwas kleiner gewählt werden als der Totaldruck im Reaktionsraum R während des CVD-Prozesses. Innerhalb des Reaktionsraumes R ist ein Bauelemententräger 57 montiert, welcher in der in Fig. 4 dargestellten, bevorzugten Ausführungsform z.B. als Wafer ausgebildete,

F200152



scheibenförmige Bauteile horizontal positioniert und vertikal untereinander gestapelt aufnimmt. Wie mit dem Doppelpfeil W angedeutet, ist der Träger 57 vertikal getrieben gesteuert auf und ab beweglich. Dies

5 grundsätzlich und mit Blick auf Fig. 3, um einzelne der scheibenförmigen Bauteile 21 gemäss Fig. 3 in den Batch aufnehmen zu können bzw. solche Bauteile abgeben zu können, jeweils durch eine Belade-/Entladeöffnung analog zur Öffnung 11a von Fig. 3 hindurch. Gemäss der bevorzugten  
10 Ausführungsform von Fig. 4 muss eine Belade-/Entladeöffnung sowohl durch die Wand 48a des Reaktionsrezipienten 48 wie auch durch die des Reaktorrezipienten 41 hindurch einen wechselseitigen Zugriff von Reaktoräusserem zu Reaktionsraum R ermöglichen. In der bevorzugten  
15 Ausführungsform gemäss Fig. 4 ist der Reaktionsrezipient 48 in einen oberen Teil 48<sub>o</sub> und 48<sub>u</sub> unterteilt. Der Träger 57 ist am oberen Teil 48<sub>o</sub> verankert. Mit Hilfe eines Hubmechanismus 59 wird der obere Teil 48<sub>o</sub> des Reaktionsrezipienten 48 angehoben, damit auch der Träger  
20 57. In der Wandung 41a ist eine mittels eines Schlitzventils 61 schliessbare Belade-/Entladeöffnung 63 vorgesehen, und zwar mit einer Symmetrieebene E, die mindestens genähert mit der in geschlossenem Zustand des Rezipienten 48 gebildeten Trennlinien 65, zwischen oberem  
25 48<sub>o</sub> und unterem 48<sub>u</sub> Teil des Reaktionsrezipienten 48, fluchtet.

Beladen und Entladen dieses Reaktors erfolgt wie folgt:

Der obere Teil 48<sub>o</sub> des Reaktionsrezipienten 48 wird mit dem Hubmechanismus 59 angehoben und damit auch der Träger 57.

F200152

Durch gesteuerten Schritt-Antrieb werden zu entladende bzw. beladende Bauteil-Aufnahmen 56 am Träger 57 in die Höhe der Belade-/Entladeöffnung 63 positioniert. Damit können durch diese Öffnung 63, wie mit dem scheibenförmigen Bauteil 65 in Fig. 4 angedeutet, durch einen an die Öffnung 63 angeflanschten Transportmechanismus der Träger 57 bzw. dessen Aufnahmen 56 sequentiell beladen bzw. entladen werden.

Ist der Träger 57 voll beladen mit zu behandelnden Bauteilen, insbesondere mit Wafern, dann wird der obere Teil 48, mit dem Träger 57 abgesenkt und damit der Reaktionsrezipient 48 geschlossen.

Selbstverständlich können z.B. für getrenntes Beladen und Entladen zwei der Öffnungen 63 vorgesehen sein.

Während des Be- und Entladevorganges wird der Reaktionsraum R auf der notwendigen Prozesstemperatur gehalten. Hierzu ist eine Heizanordnung 67 im verbleibenden Raum I, der den Reaktionsrezipienten 48 umgibt, montiert, also in Vakuum. Bevorzugterweise ist die Heizanordnung 67 als Mehrzonen-Strahlheizer ausgebildet. Weiter ist zur Verbesserung der Temperaturuniformität zwischen Heizanordnung 67 und Reaktionsrezipient 48 ein Wärmediffusor 69 vorgesehen, beispielsweise aus Graphit. Anstelle eines Diffusor 69 als einzelnes Bauteil vorzusehen, kann auch die Diffusorfunktion mit der Wandung 48a des Reaktionsrezipienten 48 vereint werden, indem letztere innen und/oder aussen mit Diffusormaterial beschichtet wird, vorzugsweise mit Graphit. Ggf. kann sogar die Wandung

F200152

des Rezipienten 48 als Diffusor wirken, indem sie aus einem Diffusormaterial, wie bevorzugterweise aus Graphit, gefertigt ist, innenbeschichtet beispielsweise mit Si oder SiC, einem Material, welches, zur unmittelbaren Begrenzung des Reaktionsraumes R, gegenüber den erhitzten Prozessgasen inert ist.

Bevorzugterweise wird weiter zwischen der Heizanordnung 67 und der Innenfläche der Wand 41a, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist, ein thermischer Isolator 71 eingebaut, beispielsweise bestehend aus einem porösen Graphitmaterial.

Ist der Reaktionsrezipient 48 geschlossen, so kann mit dem eigentlichen Prozess zur Schichtabscheidung an die am Träger 57 gehaltenen Bauteile 56 begonnen werden. Über ein Gaseinlasssystem 73 wird ein Prozessgas oder Prozessgasgemisch G von einer Gastankanordnung 52 dem Reaktionsraum R zugeführt. Es erfolgt bei gezielt eingestellter Bauteil-Temperatur und vorzugsweise - Temperaturverteilung die erwünschte definierte Schichtabscheidung, je nach Art des eingelassenen Prozessgases und der Zeit, während welcher die Bauteile dem jeweiligen Gas ausgesetzt sind.

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, ist es für die Abscheidung von Schichten mittels UHV-CVD mit auch für Halbleiterbauelemente genügender Qualität von grosser Bedeutung, dass die Bauteile während des CVD-Prozesses gleiche und homogen verteilte Prozesstemperaturen aufweisen. Anhand von Fig. 4 wurde erläutert, wie, in Vakuum, eine Heizanordnung 67 angeordnet wird.

F200152

Wie nun in Fig. 5 schematisch dargestellt, in Fig. 4 aus  
Übersichtsgründen nicht, sind entlang der Wandung 48a des  
Reaktionsrezipienten 48 verteilt, mehrere Heizstrahler 67a,  
b, c ... angeordnet. Bevorzugterweise innerhalb des

5 Reaktionsraumes R sind mehrere Thermofühler 75a, 75b etc.  
montiert. Die Ausgangssignale der Thermofühler werden  
bevorzugterweise digitalisiert einer Recheneinheit 77  
zugeführt, woran einerseits und wie im Block der Einheit 77  
angedeutet die Temperaturverteilung  $\theta(x,y)$  im

10 Reaktionsraum R aus den Ausgangssignalen der Thermofühler  
75a, b, c ... ermittelt wird und zudem das Niveau der  
mittleren Temperatur  $\bar{\theta}$ . Der Recheneinheit 77 wird weiter  
von einer in Fig. 5 schematisch dargestellten  
Vorgabeeinheit 68 eine Soll-Temperaturverteilung W auf

15 vorgegebenem bzw. vorgebbarem Niveau  $\bar{\theta}$  eingegeben, die in  
der Recheneinheit 77 mit der Ist-Verteilung verglichen  
wird. In regelndem Sinne wird ausgangsseitig der  
Recheneinheit 77, woran bevorzugterweise auch die digital  
arbeitende Reglereinheit 79 integriert ist, für jede der  
20 vorgesehenen Heizelemente 67a, b ... ein Stellsignal  $S_a, b,$   
c ... ausgegeben, so dass durch zeitlich und wertemässig  
unterschiedliche Stellung dieser als Stellglieder wirkenden  
Heizelemente 67a, b ... die Temperaturverteilung  $\theta(x,y)$  im

25 Reaktionsraum R und deren Temperaturniveau  $\bar{\theta}$  auf die  
vorgegebene Soll-Verteilung und das vorgegebene Soll-Niveau  
geregelt werden.

Zusätzlich oder anstelle der gemäss Fig. 5 im Reaktionsraum  
R vorzugsweise an der Wandung 48a des Reaktionsrezipienten  
48 angeordneten Thermofühler 75a, b, c werden nun

F200152

bevorzugterweise auch unmittelbar am interessierenden Ort, nämlich im Bereich der Bauteil- bzw. Wafer-Oberflächen, insbesondere Thermofühler vorgesehen, bevorzugterweise aber auch Heizelemente.

- 5 Gemäss Fig. 6 sind am vergrössert, schematisiert und ausschnittsweise dargestellten Träger 57 gemäss Fig. 4 mehrere Bauelement- bzw. Wafer-Aufnahmen 77a, 77b montiert. Auf diesen Aufnahmen 77a, b, ... werden die zu behandelnden scheibenförmigen Bauteile 21 beispielsweise auf aufragenden
- 10 Stützen 79 abgelegt. An der dann den Bauteilen 21 zugewandten Oberfläche der Aufnahme 77a, b sind jeweils bevorzugterweise mehrere Heizelemente 81 a, b verteilt vorgesehen, die mithin Bauteil-spezifisch mit deren Oberfläche thermisch eng gekoppelt sind. Es sind weiter,
- 15 ebenso unmittelbar im Bereich der aufgelegten Bauteile 21 verteilt, Thermofühler 83 eingebaut. Einerseits wird mit den Thermofühlern 83 an jedem Bauteil 21 für sich die Temperaturverteilung ermittelt, andererseits kann mit den bevorzugterweise vorgesehenen mehreren Heizelementen 81a,
- 20 b, c... auf diese Temperaturverteilung und ihr Absolutniveau eingegriffen werden und/oder über den Mehrzonen-Strahlheizer der Heizanordnung 67 von Fig. 4.

Die Messsignalleitungen und Stellsignalleitungen von bzw. zu den Thermofühlern 83 bzw. Heizelementen 81 werden (nicht

25 dargestellt) z.B. durch den Vertikalarm 57a des Trägers 57 durchgeführt.

Als Beispiel soll anschliessend ein in einem Reaktor, wie er anhand von Fig. 4 beschrieben wurde, durchgeführter UHV-

F200152

CVD-Prozess beschrieben werden. Spezifisch beschrieben wird dabei das bevorzugte Aufwachsen von p-dotierten SiGe-Schichten, beispielsweise für Hetero-Bipolartransistoren, wobei der Verfahrensablauf sich ohne weiteres auch für die  
5 Ablegung anderer Schichten anbietet.

- Der Reaktionsraum R wird auf die notwendige Prozesstemperatur  $T_p$  geheizt, für das Ablegen der erwähnten SiGe-Schichten auf 550°C.
- Unter Einströmen eines Spülgases, vorzugsweise von Wasserstoff, in den Reaktionsraum R, beispielsweise durch den Gaseinlass 73 aus dem Gasvorrat der Tankanordnung 52, welcher hierzu auch einen Vorrat an Spülgas hat, wird die Beladeöffnung 63 durch Öffnen des Ventils 61 gegen eine Vakuumtransportkammer 13a geöffnet. Gleichzeitig wird bei der bevorzugten Ausführungsform gemäss Fig. 4 mit der Antriebsanordnung 59 der obere Teil 48, mit dem Träger 57 hochgehoben.
- Unter Beibehalt der Spülgasströmung werden die Bauteile, insbesondere Wafer gemäss Fig. 4, in den Träger 57 geladen, wobei letzterer (zusammen mit Teil 48,) mit der Antriebsvorrichtung 59 Schritt für Schritt hochgehoben wird, um jeweils eine freie Aufnahme 77 gemäss Fig. 6 in Ausrichtung mit der Beladeöffnung 63 und den beladenden Roboter zu bringen.
- Es wird, nach Füllen des Trägers 57, die Beladeöffnung 63 mit dem Ventil 61 geschlossen und ebenso der Reaktionsraum R durch Absenken des Teiles 48, und

F200152

gleichzeitigem Absenken des Trägers 57 in  
Behandlungsposition, die in Fig. 4 dargestellt ist.

- 5 • Die Bauteile bzw. Wafer werden nun bis zum Erreichen des thermischen Gleichgewichtes, bevorzugterweise unter gleichzeitigem Einlassen eines die Wärmeleitfähigkeit der Reaktionsraum-Atmosphäre erhöhenden Gases, wozu bevorzugterweise wiederum Wasserstoffgas eingesetzt wird und/oder Silan für die Herstellung oben erwähnter SiGe-Schichten.
- 10 • Sofern das Wärmeleitungsgas nicht ein Prozessgas ist, wird dessen Fluss gestoppt, und es wird nun über die Einlassanordnung 73 von der Gastankanordnung 52 das Prozessgas bzw. Prozessgasgemisch G in den geschlossenen Reaktionsraum R eingelassen. Es wird eine erste Schicht auf die Bauteil-Oberfläche bzw. Wafer-Oberfläche abgelegt. Bei der Herstellung von Bauelementen auf der Basis von Bauteilen bzw. Wafern mit einer p-dotierten Silizium-Germaniumschicht wird hier als Prozessgas Silan
- 15 eingelassen.
- 20 • Damit ist eine erste Beschichtung abgeschlossen, und es können, sofern keine weiteren Schichten abgelegt werden sollen, die Wafer bzw. Bauteile aus dem Reaktionsraum R entladen werden. Hierzu wird
- 25 • der Spülgasstrom wieder eingeschaltet, vorzugsweise ein Wasserstofffluss, und es wird durch Öffnen des Ventil 61 und Anheben des Teiles 48, der Zugriff für einen in der Vakuumtransportkammer gemäss 13a vorgesehenen

F200152

Transportroboter frei gemacht. Wiederum wird der Träger 57 Schritt für Schritt angehoben bzw. abgesenkt, um die behandelten Wafer für den Zugriff auf die Belade-/Entladeöffnung 63 auszurichten.

- 5 • Sollen aber noch weitere Schichten abgelegt werden, so wird nach Abscheiden der ersten Schicht wie folgt vorgegangen, beschrieben als Beispiel für die Abscheidung der erwähnten p-dotierten SiGe-Schichten.
- 10 • Nach Abscheidung der Si-Schicht, wie oben erläutert wurde, wird eine undotierte SiGe-Schicht abgelegt, indem dem Silanfluss German und Helium zugefügt wird, vorzugsweise zu ca. 5 % des Silanflusses.
- 15 • Anschliessend wird ein Diboran-in-He-Fluss aufgeschaltet und eine dotierte SiGe-Schicht abgeschieden. In diesem Prozessschritt kann zusätzlich eine Kohlenstoffdotierung parallel zur Bor-Dotierung erfolgen.
- Es erfolgt wiederum eine Abscheidung einer undotierten SiGe-Schicht unter Einlass lediglich von Silan und von German in Helium, dann
- 20 • eine Abscheidung einer undotierten Si-Schicht unter Einlass lediglich von Silan.
- Die nun anschliessende Träger 57-Entladung erfolgt, wie bereits erläutert wurde.

25 Die anhand von Fig. 3 dargestellten kombinierten ersten und zweiten Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben nun die

F200152



im Rahmen der gestellten Aufgabe höchst vorteilhafte Möglichkeit, UHV-CVD-Reaktoren über eine oder mehrere Vakuum-Transportkammern mit weiteren Prozessmodulen zu kombinieren, ohne dass beim Transport der Bauteile zwischen den Prozessmodulen und dem einen oder den mehreren vorgesehenen UHV-CVD-Reaktoren ein Unterbruch der herrschenden Vakuumbedingungen einträte. Nebst den erwähnten UHV-CVD-Reaktoren können als Prozessmodule eingesetzt werden

- weitere Transportmodule
- Schleusenmodule
- Heizmodule
- weitere Beschichtungsmodule für PVD- oder CVD-Beschichtungsverfahren, oder für PECVD (Plasma Enhanced CVD)-Verfahren
- Ätzprozessmodule, wiederum mit oder ohne Plasmaunterstützung
- Reinigungsmodule
- Speichermodule
- Implantationsmodule.

Solche Mehrprozessstationen-Anlagen können dabei linear ausgebildet sein, in dem Sinne, dass der Bauteil-Transport zwischen den einzelnen Prozessstationen mindestens grossteils linear erfolgt. Bevorzugterweise werden aber mindestens zum Teil die vorgesehenen Prozessstationen

F200152

zirkular um eine Vakuumtransportkammer, gruppiert  
angeordnet, zur Bildung einer Zirkularanlage bzw. einem  
Zirkularanlageteil. Solche Anlagen, an welchen mehrere  
Prozessstationen durch linear und/oder zirkular erfolgende  
5 Transportwege in Vakuum bedient werden, werden gemeinhin  
als sogenannte "Cluster Tool-Anlagen" bezeichnet.

In Fig. 7 ist schematisch vereinfacht eine  
erfindungsgemäße Cluster Tool-Anlage dargestellt,  
aufbauend auf dem anhand von Fig. 3 erläuterten Prinzip und  
beispielsweise als Zirkularanlage konfiguriert. Die Anlage  
umfasst im dargestellten Beispiel ein normalatmosphären-  
seitiges Kassettenlademodul 93, bekannt als sogenanntes  
FOUP, Front Opening Unified Pod Modul. Dieses  
Kassettenlademodul 93 ist zur Aufnahme mindestens einer  
15 Wafer- bzw. Bauteilkassette 93a ausgebildet, im Falle der  
Behandlung von Wafern beispielsweise mit einem  
Fassungsvermögen von 25 vertikal gestapelten, horizontal  
liegenden Wafern. Über einen weiterhin in Normalatmosphäre  
arbeitenden Waferhandler 95 werden von der Waferkassette  
20 93a einzelne Wafer in eine erste Schleusenkammer 97  
transportiert. Nach Abpumpen dieser Schleusenkammer 97  
erfolgt der Weitertransport des betrachteten Wafers in ein  
Reinigungsmodul 99. Dies erfolgt durch eine  
Vakuumtransportkammer 101 und den darin in Vakuum  
25 arbeitenden Waferhandler 101a. Im Reinigungsmodul 99  
erfolgt entweder eine Hochtemperatur-Reinigung in  
Wasserstoffatmosphäre, oder eine andere Gasphasenreinigung  
oder, und bevorzugterweise, eine noch zu beschreibende  
Reinigung unter Ausnützung tiefenergetischer Plasmen.

F200152

Je nach gewähltem Reinigungsverfahren kann es dabei selbstverständlich von Vorteil sein, mehrere Reinigungsmodule hintereinander zu beschicken und an diesen Modulen jeweilige Reinigungsunterschritte durchzuführen.

- 5 Bevorzugterweise ist weiter eine Speicherkammer 103 vorgesehen sowie ein zweites Reinigungsmodul 99a. Damit können von der Schleusenkammer 97 Wafer in beiden Reinigungsmodulen 99 und 99a parallel, also gleichzeitig, gereinigt werden und sie werden danach, durch den in Vakuum wirkenden Handler 101a, in die Speicherkassette der Speicherkammer 103 abgelegt. Dies, bis die durch den Träger im einen vorgesehenen UHV-CVD-Reaktor 105 aufnehmbare Waferzahl in Speicherkammer 103 gereinigt für das UHV-CVD-Verfahren bereitliegt. Bevorzugterweise sind beide Kammern 15 97 und 103 mit Kassettenaufnahmen als Schleusenkammern ausgebildet.

- Anschliessend, d.h. nachdem die benötigte Anzahl gereinigter Wafer in der Speicherkammer 103 abgelegt ist, erfolgt in sehr kurzer Zeit der Transport der einzelnen 20 Wafer mittels des in Vakuum operierenden Handlers 101a in den Träger 57 des bevorzugterweise wie anhand von Fig. 4 erläutert wurde ausgebildeten UHV-CVD-Reaktors 105.

- Nach Ende des CVD-Prozesses erfolgt der Rücktransport der Wafer aus dem Träger 57 des UHV-CVD-Reaktors 105 zurück in 25 eine der beiden Schleusenkammern 97 bzw. 103, d.h. in deren Kassette und anschliessend weiter von der entsprechenden Schleusenkammer 97 bzw. 103 in die Kassette des Kassettenlademoduls 93.

F200152

109975885 - 101201  
Mit dem beschriebenen, prinzipiellen Vorgehen nach den fig. 1 bis 3 und auch mit dem bevorzugten UHV-CVD-Reaktor nach Fig. 4 können Wafer transportiert, gereinigt und letztendlich in Batch-Konfiguration UHV-CVD-behandelt werden, die grösser sind als 200 x 200 mm, bzw. die einen Durchmesser  $\varnothing \geq 200$  mm aufweisen, ja mindestens 300 x 300 mm gross sind, bzw. einen Durchmesser  $\varnothing > 300$  mm haben. Dies insbesondere auch deshalb, weil, abgesehen von der Batchanordnung im UHV-CVD-Prozess, Transport und ggf. auch weitere Behandlungsschritte an Einzelwafern erfolgen.

Anschliessend wird mit Blick auf die Zirkular-Cluster-Tool-Anlage gemäss Fig. 7 eine typische Handlingsequenz beschrieben.

15 Wafer mit einem Durchmesser  $\varnothing$  von mindestens 200 mm oder einer Ausdehnung von 200 mm x 200 mm oder gar mit einem Durchmesser  $\varnothing$  von mindestens 300 mm bzw. einer Ausdehnung von 300 x 300 mm werden in das atmosphärenseitige Kassettenmodul 93 gemäss Fig. 7 geladen, beispielsweise 25 Stück. Mittels dem Waferhandler 95 werden danach Wafer einzeln vom Kassettenmodul 93 in die Kasette der einen der Schleusenkammern 97 bzw. 103 transportiert.

25 Es werden Einzelwafer aus der Kasette 97 in der entsprechenden Schleusenkammer 97 bzw. 103 mittels dem in der Vakuumtransportkammer 101 arbeitenden Handler 101a in die Reinigungsmodule 99 und 99a geladen und dort gereinigt mit einer typischen Reinigungszeit pro Wafer von 1 bis 10 Min.

F200152

Gereinigte Wafer aus den Reinigungsmodulen 99 und 99a werden in die Kasette der bis dahin nicht eingesetzten Schleusenkammer 103 bzw. 93 geladen, die nun als Zwischenspeicherkammer wirkt. Dies erfolgt mit dem in der  
5 Vakuumkammer 101 arbeitenden Handler 101a. Eine typische Prozesszeit zum Reinigen von 25 Wafern und den bis dahin erfolgten Transporten beträgt 65 Min.

10 Nun werden die gereinigten 25 Wafer in der Kasette der Schleusenkammer 103 mittels des Handlers 101a in den UHV-CVD-Reaktor 105 geladen. Das Laden der gereinigten 25 Wafer aus dem Zwischenspeicher 103 in den Träger 57 für den Waferbatch im UHV-CVD-Reaktor 105 erfolgt typischerweise innerhalb von 5 Min.

15 Es wird nun der Beschichtungsprozess im UHV-CVD-Reaktor begonnen, mit einer typischen Prozesszeit für p-dotierte SiGe-Schichtsysteme von ca. 2-3 Std. Während dieser Zeit wird eine neue Kasette mit unprozessierten Wafern in das Kassettenlademodul 93 eingeführt, und es werden diese Wafer in vorbeschriebener Art und Weise an den Reinigungsmodulen  
20 99 und 99a gereinigt und in eine der Schleusenkammern-Kassetten zwischengespeichert. Nach Beendigung des UHV-CVD-Prozesses werden die prozessierten Wafer mittels des Waferhandlers 101a einzeln vom Träger 57 entladen und in die freie Schleusenkammer-Kasette 97 bzw. 103 abgelegt.  
25 Von dort erfolgt mit dem an Atmosphäre arbeitenden Handler 95a der Rücktransport in eine freie Kasette im Kassettenlademodul 93.

F200152

Je nach den Zeitverhältnissen für die beabsichtigten Prozesse können durchaus zwei und mehr der beschriebenen UHV-CVD-Prozesse an einer Clusteranlage kombiniert eingesetzt werden und entsprechend auch verschiedene

5 Konfigurationen weiterer Prozessmodule.

Insbesondere bevorzugt wird eine Kombination der beschriebenen UHV-CVD-Prozesse bzw. -Reaktoren mit durch Niederenergieplasma unterstützten CVD-Beschichtungsverfahren und insbesondere mit Niederenergieplasma-  
10 unterstützten reaktiven Reinigungsverfahren. Dabei werden vorzugsweise DC-Plasmen eingesetzt, bevorzugterweise Niederspannungs-Plasmen, z.B. mittels thermionischer Kathoden erzeugt, welche an den jeweils zu beschichtenden bzw. zu reinigenden Oberflächen Ionenenergien E entwickeln, für welche gilt:

$$0 < E \leq 15 \text{ eV.}$$

Als Reaktivgas für die erwähnten Niederenergieplasmen-unterstützten Reinigungsverfahren wird insbesondere bevorzugt Wasserstoff und/oder Stickstoff eingesetzt bzw.  
20 Gas mit einem Anteil mindestens eines der erwähnten Gase. Ganz besonders bevorzugt und mit Blick auf die Anlage nach Fig. 7 werden die unmittelbar den UHV-CVD-Prozessen vorgelagerten Reinigungsverfahren bzw. die entsprechenden Prozessstationen für Niederenergieplasmen-unterstützte  
25 reaktive Reinigungsverfahren realisiert.

Mit den erfindungsgemässen Verfahren, der erfindungsgemässen Vakuumbehandlungsanlage bzw. dem erfindungsgemässen UHV-CVD-Reaktor werden insbesondere

F200152

Bauteile durch Ablegen von Atommonolagen (Atomic Layer Deposition) hergestellt oder durch Ablegen epitaktischer Schichten oder durch Beschichten von tiefprofilierten Oberflächen, wie von Oberflächen mit sogenannten Deep

5 Trenches.

1097585-101201

F200152

**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Herstellung von Bauelementen oder von deren Zwischenprodukten, bei dem das in Herstellung begriffene Bauelement, als Bauteil

5 (a) einem Behandlungsprozess unterworfen wird und als nächstes

(b) mehrere der Bauteile gleichzeitig einem gemeinsamen CVD-Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden,

10 dadurch gekennzeichnet, dass der Behandlungsprozess ein Vakuumprozess ist und von diesem die Bauteile in Vakuum dem CVD-Prozess zugeführt werden.

15 2. Verfahren zur Herstellung von Bauelementen oder von deren Zwischenprodukten nach Merkmal (b) des Oberbegriffes von Anspruch 1, wobei die Bauteile scheibenförmig sind, dadurch gekennzeichnet, dass sie horizontal dem CVD-Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden.

20 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile scheibenförmig sind und horizontal sowohl dem Behandlungsprozess wie auch dem CVD-Prozess unterzogen werden und auch horizontal vom Behandlungsprozess in den CVD-Prozess transportiert werden.

25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile zwischen einem dem CVD-Prozess vorgelagerten Reinigungsprozess und dem CVD-Prozess in Vakuum verbleiben.

F200152

09975885-101201  
FOOTNOTES



5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile scheibenförmig sind und horizontal positioniert vertikal übereinander gestapelt gleichzeitig dem CVD-Prozess unterzogen werden.

5 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile durch Einzeltransport für den CVD-Prozess gestapelt werden und/oder vom CVD-Prozess wieder entstapelt werden.

05975885 "K01201  
10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile zwei oder mehr Behandlungsoperationen unterworfen werden, wobei der CVD-Prozess eine der Operationen ist, und dass die Bauteile in Vakuum sukzessive von einer Operation zur andern transportiert werden entlang mindestens stückweise linearer  
15 und/oder kreisabschnittförmiger Transportbahnen.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile vor und/oder nach dem CVD-Prozess einem reaktiven, Niederenergieplasma-unterstützten Behandlungsprozess unterworfen werden mit  
20 Ionenenergie E an der Oberfläche des jeweils behandelten Bauteiles von

$$0 \text{ eV} < E \leq 15 \text{ eV}.$$

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile, vor der Behandlung im CVD-Prozess, einer  
25 Niederenergieplasma-unterstützten reaktiven Reinigung unterworfen werden, bevorzugt in einer Wasserstoff und/oder Stickstoff enthaltenden Atmosphäre.

F200152

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass während des Beladens und/oder des Entladens eines Reaktionsraumes mit dort CVD-Prozess unter UHV-Bedingungen zu behandelnden Bauteilen, im Reaktionsraum  
5 ein Gasfluss unterhalten wird, vorzugsweise eines Gases mit Wasserstoff.

10 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Temperatur und die Temperaturverteilung in einem Reaktionsraum des CVD-Prozesses gemessen und gesteuert, vorzugsweise gemessen und geregelt wird.

10 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Temperatur und vorzugsweise die Temperaturverteilung an den Bauteilen  
15 selber während des CVD-Prozesses gemessen und gesteuert, vorzugsweise gemessen und geregelt wird.

10 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reaktionsraum, worin der CVD-Prozess durchgeführt wird, mittels Heizelementen beheizt  
20 wird, die innerhalb eines den Reaktionsraum umschliessenden Rezipienten, in Vakuum angebracht sind.

25 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reaktionsraum für den CVD-Prozess erst auf Ultrahochvakuum evakuiert wird, dann durch Einlassen eines Prozessgases oder Prozessgasgemisches in den Reaktionsraum, darin der Totaldruck bis zum Prozessdruck erhöht wird, wobei der Reaktionsraum von einem

F200152

Vakuum umschlossen ist mit einem Totaldruck im Bereiche des Prozessdruckes, vorzugsweise kleiner.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktionsraum und das diesen umgebende Vakuum unterschiedlich je gepumpt werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass Reaktionsraum und das diesen umgebende Vakuum in einem aussen an Umgebungsatmosphäre liegenden Rezipienten vorgesehen sind, und dass der Reaktionsraum zum Entladen und/oder Beladen mit Bauteilen über das den Reaktionsraum umgebende Vakuum mit einer Belade-/Entladeöffnung des Rezipienten kommuniziert.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass, nachdem Bauteile in einen Reaktionsraum für den CVD-Prozess eingeführt sind, diese ihrem thermischen Gleichgewicht zugeführt werden, unter Einlass eines Gases in den Reaktionsraum, vorzugsweise mit Wasserstoff und/oder mit einem Prozessgas oder Prozessgasgemisch.

18. Verfahren zur Herstellung von Bauelemente oder von deren Zwischenprodukten, bei dem mehrere in Herstellung begriffene Bauelemente, als Bauteile, gleichzeitig einem gemeinsamen CVD-Prozess unter Ultrahochvakuum-Bedingungen unterzogen werden und die Bauteile mittels Heizelementen beheizt werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizelemente in einem Vakuum betrieben werden.

F200152

09975885 "101201

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile für den CVD-Prozess an einem Träger gehalten werden und die Heizelemente, vorzugsweise je den Bauteilen zugeordnet, am Träger vorgesehen werden.

5 20. Verfahren, vorzugsweise nach einem der Ansprüche 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile während des CVD-Prozesses an einem Träger gehalten werden und dass, bevorzugt je den Bauteilen zugeordnet, Thermofühler am Träger vorgesehen werden.

10 21. Vakuumbehandlungsanlage mit einem Ultrahochvakuum-CVD-Reaktor, worin ein Träger für mehrere gleichzeitig im Reaktor zu behandelnde Bauteile vorhanden ist, wobei der Reaktor mindestens eine Belade-/Entladeöffnung hat, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Belade-  
15 /Entladeöffnung mit einer Vakuumtransportkammer für Bauteile kommuniziert.

20 22. Ultrahochvakuum-CVD-Reaktor mit einem Träger für mehrere gleichzeitig im Reaktor zu behandelnde, scheibenförmige Bauteile, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger für die Aufnahme der Bauteile in horizontaler Position und vertikal gestapelt ausgebildet ist.

25 23. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 21 für die Behandlung scheibenförmiger Bauteile, dadurch gekennzeichnet, dass ein Träger im Reaktor für die Aufnahme der Bauteile in horizontaler Position und vertikal gestapelt ausgebildet ist.

F200152

24. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 21 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumtransportkammer eine Transportanordnung hat, welche einzelne der Bauteile transportiert oder mehrere der Bauteile einzeln, dabei scheibenförmige Bauteile vorzugsweise in horizontaler Position.

25. Vakuumbehandlungsanlage nach einem der Ansprüche 21, 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumtransportkammer mit einer oder mehreren weiteren Vakuumprozesskammern kommuniziert aus folgender Gruppe: Schleusenkammern, Beschichtungskammern, Reinigungskammern, Ätzkammern, UHV-CVD-Behandlungskammern, Konditionierungskammern wie Heizkammern, Zwischenspeicherkammern, Implantationskammern.

26. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vakuumtransportkammer eine Transportanordnung vorgesehen ist, welche getrieben um eine Drehachse drehbeweglich ist.

27. Vakuumbehandlungsanlage nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vakuumtransportkammer eine Transportanordnung vorgesehen ist, die mindestens einen getrieben linear beweglichen Teil hat.

28. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reaktionsrezipient den Reaktionsraum umgibt und ein Reaktorrezipient, mindestens abschnittsweise vom Reaktionsrezipienten beabstandet, letzteren umgibt, wobei

F200152

sowohl der Reaktionsrezipient wie auch der Reaktorrezipient je einen Pumpanschluss haben.

29. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Pumpanschluss am Reaktionsrezipienten einen wesentlich grösseren Pumpquerschnitt hat als der Pumpanschluss am Reaktorrezipient und dass beide Pumpanschlüsse auf dieselbe Pumpenanordnung geführt sind.

30. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktorrezipient mit einer Kühlanordnung in Wirkverbindung steht.

31. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand des Reaktorrezipienten mindestens abschnittsweise als Doppelwand ausgebildet ist und die Kühlanordnung im Zwischenraum der Doppelwand angebracht ist.

32. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 28 - 31, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktorrezipient mindestens eine Belade-/Entladeöffnung für Bauelemente hat und der Reaktionsrezipient in zwei relativ zueinander motorisch bewegliche Rezipiententeile unterteilt ist, welche motorisch zum Rezipienten vereint oder, zur Öffnung des Rezipienten, getrennt werden können, wobei die Trennlinie der beiden Teile in vereintem Zustand auf die Belade-/Entladeöffnung ausgerichtet ist.

F200152

33. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Entlade-/Beladeöffnung horizontal gerichtet ist und die Trennlinie der beiden Teile, in vereintem Zustand der Teile, über einen wesentlichen Abschnitt ihrer Länge, welcher der Belade-/Entladeöffnung zugewandt ist, ebenfalls horizontal verläuft.

34. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass am einen der beiden Teile des Reaktionsrezipienten ein Träger für eine Mehrzahl scheibenförmiger Bauteile befestigt ist mit einer Mehrzahl Aufnahmen, je für mindestens ein scheibenförmiges Bauteil in horizontaler Ausrichtung und in Richtung der Relativbewegung der Reaktionsrezipienten-Teile gestapelt, derart, dass durch die Relativbewegung der Teile gesteuert jeweils eine der Aufnahmen auf die Belade-/Entladeöffnung ausgerichtet wird.

35. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Teile durch eine lineare Relativbewegung trennbar bzw. wieder vereinbar sind.

36. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 32 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass einer der beiden trennbaren Teile des Reaktionsrezipienten am Reaktorrezipient unbeweglich montiert ist.

37. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 28 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass in den Reaktionsrezipienten eine Gaszuführanordnung

F200152

einmündet von einer Gastankanordnung mit einem Prozessgas,  
und dass mindestens die Innenfläche der  
Reaktionsrezipientenwand aus einem Material besteht,  
welches dem auf eine vorgegebene Prozessstemperatur  
5 gebrachten Prozessgas widersteht, die vorzugsweise aus  
Graphit besteht.

38. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach  
einem der Ansprüche 28 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass  
zwischen Reaktionsrezipient und Reaktorrezipient eine  
10 Heizanordnung vorhanden ist.

39. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach  
Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen  
Heizanordnung und Innenraum des Reaktionsrezipienten eine  
Wärmediffusor-Anordnung vorhanden ist.

40. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach  
einem der Ansprüche 28 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass  
im Reaktionsrezipienten ein Träger für eine Mehrzahl von  
Bauteilen vorhanden ist und dass am Träger mindestens ein,  
15 vorzugsweise mehrere Thermofühler angebracht sind.

41. Vakuumbehandlungsanlage bzw. UHV-CVD-Reaktor nach  
Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens  
eine Thermofühler Ist-Wertaufnehmer eines  
Temperaturregelkreises ist und dass eine Heizanordnung als  
deren Stellglied zwischen Reaktorrezipient und  
20 Reaktionsrezipient und/oder innerhalb des  
Reaktionsrezipienten, vorzugsweise mindestens teilweise  
auch am Träger, vorgesehen ist.  
25

F200152



42. UHV-CVD-Reaktor mit einem Träger für mehrere Bauteile, dadurch gekennzeichnet, dass am Träger mindestens ein Thermofühler vorhanden ist.

43. UHV-CVD-Reaktor nach Anspruch 42, dadurch  
5 gekennzeichnet, dass am Träger mindestens ein Heizelement vorgesehen ist.

44. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 43 oder 44, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine  
10 Thermofühler Ist-Wertaufnehmer eines Temperaturregelkreises für den Träger ist.

45. UHV-CVD-Reaktor nach einem der Ansprüche 41 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass der Träger mehrere Aufnahmen  
je für ein Bauteil hat, und dass das mindestens eine  
15 Thermoelemente an einer der Aufnahmen so angebracht ist, dass es mit einem daran aufgenommenen Bauelement thermisch eng gekoppelt ist.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im CVD-Prozess Atomic Layer Deposition (ALD) vorgenommen wird.

20 47. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im CVD-Prozess eine Deep Trenches-Schichtabscheidung vorgenommen wird.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass im CVD-Prozess eine epitaktische  
25 Schichtabscheidung vorgenommen wird.

F200152